

81

Int. Cl.:

H 02 k, 3/40

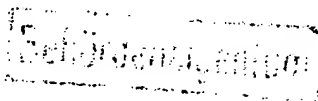
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



82

Deutsche Kl.: 21 d1, 53



10

11

21

22

43

Offenlegungsschrift 2 050 674

Aktenzeichen: P 20 50 674.5

Anmeldetag: 15. Oktober 1970

Offenlegungstag: 19. Mai 1971

Ausstellungspriorität: —

84

Unionspriorität

85

Datum:

29. Oktober 1969

86

Land:

Schweden

87

Aktenzeichen:

14763-69

64

Bezeichnung:

Anordnung zum Vermeiden von Glimmentladungen
an elektrischen Leitern

61

Zusatz zu:

—

62

Ausscheidung aus:

—

71

Anmelder:

Allmaenna Svenska Elektriska AB, Vaesteras (Schweden)

Vertreter:

Missling, H., Dipl.-Ing.; Schlee, R., Dipl.-Ing.;
Patentanwälte, 6300 Gießen

72

Als Erfinder benannt:

Andersson, Anders R., Dipl.-Ing.;
Virssberg, Lars-Goeran, Dipl.-Ing.; Voesteraas (Schweden)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960):
Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2050674

Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget
Västerås/Schweden

Anordnung zum Vermeiden von Glimmentladungen
an elektrischen Leitern

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Vermeiden von Glimmentladungen an den Spulenköpfen einer rotierenden elektrischen Maschine mit in Wicklungsnuten angeordneten Spulen und den Spulenköpfen benachbarter geerdeten Maschinenteilen, insbesondere bei hoher Prüfspannung.

Bei der Herstellung von Hochspannungsmaschinen werden in verschiedenen Herstellungsstadien der Statorwicklung Spannungsproben vorgenommen, um eventuelle Isolationsfehler aufzudecken. Es ist auch üblich, ~~das~~ bei Abnahme der fertigen Maschine eine solche Prüfung der Wicklung mit einer Prüfspannung durchzuführen, die zirka 3,5 mal so hoch wie die Spannung bei normalem Betrieb ist. Die hohe Prüfspannung macht es schwer, ein Glimmen und Lauffunkenbildung zwischen den Wicklungsköpfen und den benachbarten geerdeten Maschinenteilen, wie z.B. mit den Bolzenköpfen, Kühlrohren oder Versteifungsteilen zu vermeiden. Solche Entladungen führen oft zu direkten Überschlägen oder rufen mittelbar Überschläge hervor, indem sie unkontrollierbare, transiente

Spannungen in der bei der Prüfung verwendeten Spannungsquelle verursachen. Die Schwierigkeiten nehmen bei der Prüfung von großen wassergekühlten Maschinen zu, da in diesen oft nichtisolierte, unter Spannung gesetzte Wicklungsteile vorkommen.

Es ist bekannt, dem Glimmen eines Leiters in einer Wicklungsnut dadurch entgegenzuwirken, daß man die Isolation der in der Nut liegenden Spulenseite mit einer geerdeten Schicht aus leitendem Lack versieht, wobei die Erdung durch direkten Kontakt zwischen der Schicht und dem geerdeten Statorkern hergestellt wird. Untersucht man die Möglichkeit, auf ähnliche Weise ein Glimmen an den Wicklungsköpfen der Spule zu vermeiden, d.h. versieht man die Wicklungskopfisolation mit einer geerdeten leitenden Schicht, so findet man, daß eine solche Maßnahme wesentliche Nachteile hat. Dies hängt damit zusammen, daß es ziemlich schwierig ist, an den Wicklungsköpfen eine genau so hohe Isolationsqualität zu erreichen wie an dem geraden, in der Nut liegenden Spulenteil. Bei Isolierung einer Hochspannungsspule wird nämlich der gerade Teil der Spule mit Hilfe einer besonderen Preßanordnung gepreßt, wobei das Imprägnierungsmittel unter hohem Druck erstarrt und eine Hohlraumbildung vermieden wird. Es ist nicht möglich, mit üblichen Mitteln einen gleich hohen Kompressionsgrad der Isolation an den übrigen Teilen der Spule zu erreichen, weshalb man gewöhnlich damit rechnet, daß die Spannung, der die letztgenannte Isolation längere Zeit widerstehen kann, nur einen Bruchteil der entsprechenden Isolationsfestigkeit der geraden Spulenteile

- 3 -

ausmacht. Aber da die Fläche der schwach komprimierten Spulenisolation aufgrund des relativ großen Abstandes zur Erde ein Potential hat, das nur geringfügig von dem Potential des innenliegenden Leiterstabes abweicht, besteht gewöhnlich nicht die Gefahr, daß diese Isolation dieselbe Rolle spielt wie ein schwaches Glied in einer im übrigen starken Kette. Dies würde jedoch der Fall sein, wenn man die schwache Spulenkopfisolation ohne weiteres mit einer geerdeten leitenden Schicht umgeben würde.

Aufgabe der Erfindung ist, die Wicklungsköpfe bei hohen Prüfspannungen gegen Glimmen und sporadisch auftretenden Überspannungen zu schützen, indem man diese mit einer leitenden Außenschicht versieht, aber auf solche Weise, daß bei normalem Betrieb keine wesentliche Zunahme der dielektrischen Beanspruchung verursacht wird.

Eine Anordnung gemäß der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß ein im Verhältnis zu den benachbarten Maschinenteilen naheliegender Teil einer Spule mit einer auf der Spulenisolation und mit gewissem Abstand von der Nut angeordneten leitenden Schicht versehen und daß diese Schicht durch ein Impedanzelement geerdet ist, dessen Impedanz auf solche Art spannungsabhängig ist, daß die Impedanz bei zunehmender Spannung abnimmt.

Die Erfindung ist im folgenden anhand der Zeichnung näher beschrieben, in dieser zeigen :

-4-

Fig. 1, 2 und 3 drei verschiedene Ausführungen der Erfindung in tangentialer Ansicht im Verhältnis zu der rotierenden Maschine,

Fig. 1a einen Schnitt durch den freien Spulenteil entlang einer Linie B-B in Fig. 1 und

Fig. 4 eine grafische Darstellung der Potentialverhältnisse der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform.

In der Zeichnung bezeichnen 1 ein Stirnende des Statorkerns einer rotierenden elektrischen Maschine, 2 ein Stirnende eines vom Statorkern umschlossenen Rotors und 3 den Luftspalt zwischen Stator und Rotor. Eine gestrichelte Linie 4 zeigt den Boden einer Wicklungsnut. Der außerhalb des Statorkerns liegende Teil einer in der Wicklungsnut angeordneten Spulenseite ist mit 5 bezeichnet. Mit 6 ist in Fig. 1 die Verbindung zweier Spulenseiten bezeichnet. Der gerade, mit komprimierter Isolation versehene Teil der Spulenseite umfaßt außer dem Nutenteil einen kurzen, axial außerhalb des Statorkerns liegenden Teil, der an der Linie A-A in dem schwächer isolierten Teil der Wicklungsköpfe übergeht. Ein in der Nähe des letztgenannten Spulenteils angeordneter und auf Erdpotential liegender Maschinenteil, z.B. ein Teil einer Wicklungsstütze, ist mit 7 bezeichnet. Eine im Verhältnis zum Maschinenteil 7 naheliegender Teil der Spulenseite 5 ist mit einer leitenden Schicht 9 versehen, die in Fig. 1 mit einem klein-karierten Muster markiert ist. In Fig. 1a bezeichnen 5a den Kupferleiter der Spulenseite und 5b die umgebende Spulenisolation. Die leitende Außenschicht 9 ist über einen Widerstand 8

geerdet, dessen Resistanz auf solche Weise spannungsabhängig ist, daß sie abnimmt, wenn die Spannung über dem Widerstand zunimmt.

Wenn der Ausdruck "leitend" in vorliegendem Text in Verbindung mit einer auf der Spulenisolation angeordneten Schicht, z.B. der Schicht 9, verwendet wird, bedeutet dies nicht, daß die Schicht absolut aus einem Material mit niedriger Resistivität bestehen muß. Sie kann z.B. aus einem Lack mit relativ geringem Zusatz von Grafitpulver bestehen und die vorgesehene Funktion erfüllen, auch wenn ihre Oberflächenresistivität größer als 10^{10} Ohm ist.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung ist der Widerstand 8 mit solcher Resistanz/Spannungscharakteristik gewählt, daß seine Resistanz bei einer Spannung, die bei normalem Betrieb dem maximalen Potential der Wicklung zur Erde entspricht, um ein Mehrfaches größer ist als die Impedanz, die aus der Kapazität zwischen der Schicht 9 und dem Leiter der Spulenseite gebildet wird, z.B. um ein Sechsfaches. Dies bedeutet, daß das Potential der leitenden Schicht bei normalem Betrieb nur unbedeutend von dem Leiterpotential der Spulenseite abweicht.

Wenn dem Leiter der Spule, z.B. beim Prüfen, ein Potential im Verhältnis zur Erde gegeben wird, das bedeutend größer ist als das normale Betriebspotential, z.B. 3,5 mal so groß, sinkt die Resistanz des Widerstandes 8 auf z.B. 10% seines vorherigen Wertes, was bedeutet, daß die hohe Prüfspannung keine wesentliche Erhöhung des Potentials der Schicht 9 im Verhältnis zur

Erde bewirkt, wodurch die Glimmgefahr beim Prüfen eliminiert ist. Zwar wird die Spulenisolation hierbei dem größeren Teil der Prüfspannung ausgesetzt, aber mit Rücksicht auf die kurze Prüfzeit kann dies ohne weiteres zugelassen werden.

Wenn die leitende Schicht 9 mit sehr hoher Oberflächenresistivität ausgeführt ist, können innerhalb der Schicht gewisse Potentialunterschiede auftreten. Wenn erwünscht, können diese Unterschiede dadurch reduziert werden, daß der Widerstand 8 mit seinem einen Ende mittels mehrerer, mit bestimmtem Abstand voneinander angeordneter Kontaktpunkte an die leitende Schicht angeschlossen wird. Wenn der Übergang zwischen den Enden der leitenden Schicht und nichtbelegter Spulenisolation ohne Potentialsteuerungen erfolgt, kann es vorteilhaft sein, wenn die Schichtenden bei der Prüfung ein etwas höheres Potential bekommen als der mittlere Teil des Belages. Das ist bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung erreicht, wenn die Resistivität der Schicht 9 hoch ist. Wenn die leitende Schicht nur an ihrem einen Ende mit einem potentialsteuernden Mittel (z.B. gemäß der schwedischen Patentschrift 164 598) versehen ist, kann es vorteilhaft sein, die Schicht mit relativ hoher Oberflächenresistivität auszuführen und den Widerstand 8 an demselben Ende anzuschließen.

In Fig. 2 ist 12 eine leitende Schicht, die sich von der entsprechenden Schicht 9 dadurch unterscheidet, daß sie Spulenkopfteile zweier verschiedener Spulenseiten und auch dazwischenliegende Spulenkopfteile umfaßt. Ein naheliegender geerdeter Maschinenteil ist in Fig. 2 mit 10 bezeichnet. Natürlich kann man

auch bei dieser Ausführungsform ein außerhalb der Spulenoberfläche angeordnetes Impedanzelement verwenden, z.B. von demselben Typ wie der Widerstand 8 in Fig. 1. Vorteilhafter ist aber, jede Spulenseite 5 mit einem über der Spulenisolation angeordneten Belag 11 zu versehen, dessen Oberflächenresistivität auf ähnliche Weise spannungsabhängig ist wie die Resistanz des Widerstandes 8. Ein leitender Belag 13 umschließt außerdem auf bekannte Weise den in der Wicklungsnut liegenden Teil jeder Spulenseite und erstreckt sich bis etwas außerhalb der Nut. Der Belag 11 hat die in der SW-PS 164 598 beschriebene potentialsteuernde Funktion und gleichzeitig die gemäß der Erfindung bezweckte und in Fig. 1 mittels des Widerstandes 8 erreichte Wirkung. Wenn der äußerste Teil der Wicklungsköpfe wie in Fig. 1 ausgeführt ist, d.h. mit einer Anordnung entsprechend 6 in Fig. 1, die zum Zusammenkuppeln der Leiter der Spulenseiten vorgesehen ist, soll auch diese von der leitenden Schicht 12 umschlossen werden. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß auch die Anordnung 6 mit einer Isolation versehen ist. Sollte sie es nicht sein, was oft vorkommt, darf der Schirm nicht bis in die Nähe des nichtisolierten Teils vorgezogen werden.

Bei einer Wicklungsprüfung mit erhöhter Spannung ist es oft erforderlich, daß bestimmte Teile der Wicklung dieser ausgesetzt werden, während die übrigen Teile geerdet sind. Das bedeutet, daß eine Spule beim Prüfen ein Potential zur Erde haben kann, das z.B. 3,5 mal höher ist als das normale, während eine Spule, die mit ihrem freien Wicklungsteil unmittelbar neben der erst-

genannten Spule liegt, Erdpotential hat. In solchen Fällen ist es vorteilhaft, daß der leitende Belag 12, der in Fig. 2 gezeigt ist, den ganzen relativ schwach isolierten, aber immerhin isolierten Teil der Wicklungsköpfe bedeckt.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform der Erfindung entspricht der Belag A_1 dem leitenden, geerdeten Belag 13 in Fig. 2. B_1 bezeichnet einen Belag aus demselben spannungsabhängigen Material wie der Belag 11 in Fig. 2, A_2 ist eine gut leitende Schicht und B_2 ein Belag aus Material mit spannungsabhängiger Resistivität. Die Funktion geht aus Fig. 4 hervor, in der die ganz ausgezogene Kurve die Potentialverteilung auf dem in Fig. 3 gezeigten Teil einer Wicklungsspule bei normalem Betrieb der Maschine zeigt, und die gestrichelte Kurve die Potentialverteilung bei Prüfung mit erhöhter Spannung. Der Abstand X vom Ende der Wicklungsnut ist entlang der Abszisse und das Potential der Spulenoberfläche im Verhältnis zur Erde längs der Ordinate aufgetragen. Das Potential im Verhältnis zur Erde, das bei Prüfung an den Leiter der Spule gelegt wird, ist mit U_p bezeichnet, während das Potential der Leiter bei Normalbetrieb mit U_d bezeichnet ist. Die gut leitende Schicht A_2 kann durch geeignete Dimensionierung (Zusammensetzung, Länge) des Belags B_1 dazu gebracht werden, bei der Spannungsprüfung ein beliebiges Potential U_m zwischen Null und Prüfspannung anzunehmen, während sie bei Betriebsspannung ungefähr das Potential der Kupferleiter annimmt, also keine Erhöhung der dielektrischen Beanspruchung der Spulenisolation verursacht.

Bei den in Verbindung mit der Zeichnung beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung hat man vorausgesetzt, daß das für die Erfindung charakteristische, spannungsabhängige Impedanzelement im wesentlichen resistiver Art ist. Eine Anordnung gemäß der Erfindung kann mit vielen verschiedenen Typen spannungsabhängiger, resistiver Impedanzelemente ausgeführt werden, es ist auch möglich, spannungsabhängige Impedanzelemente kapazitiver oder induktiver Art anzuwenden.

Patentansprüche :

1. Anordnung zum Vermeiden von Glimmentladungen an den Spulenköpfen einer rotierenden elektrischen Maschine mit in Nuten angeordneten Spulen und naheliegenden geerdeten Maschinenteilen bei hoher Prüfspannung, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Verhältnis zu den geerdeten Maschinenteilen naheliegender Teil einer Spule (5) mit einer auf der Spulenisolation und mit gewissem Abstand von der Nut angeordneten leitenden Schicht (9) versehen und daß diese Schicht durch ein Impedanzelement (8) geerdet ist, dessen Impedanz auf solche Art spannungsabhängig ist, daß die Impedanz bei zunehmender Spannung abnimmt.
- 2, Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Impedanzelement aus einem besonderen, außerhalb der Spulenoberfläche angeordneten resistiven Organ (8) besteht.
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindestens ein Teil des Impedanzelements aus einem auf der Spulenoberfläche zwischen der leitenden Schicht (12) und dem Ende der Wicklungsnut angeordneten Belag (11) mit spannungsabhängiger Oberflächenresistivität besteht.
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die leitende Schicht (12) einer Spule kontinuierlich in eine entsprechend Schicht einer in der Stromrichtung folgenden Spule übergeht.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die leitende Schicht (A_2) an ihrem axial äußeren Ende mit einer axial außerhalb dieser Schicht und auf derselben Spule angeordneten Schicht (B_2) aus Widerstandsmaterial verbunden ist, dessen Oberflächenresistivität bei zunehmender Spannung abnimmt.

12

Leerseite

Fig. 1

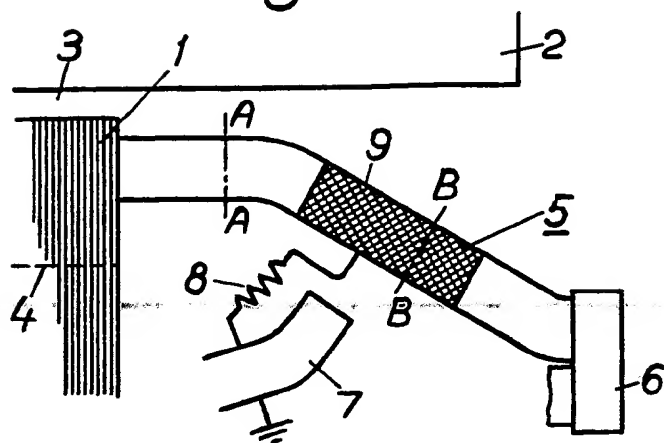


Fig. 1a

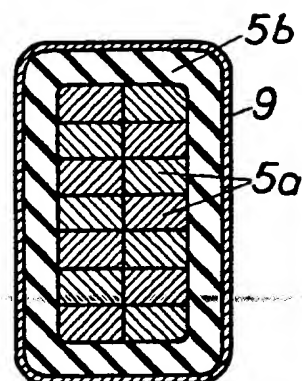


Fig. 2

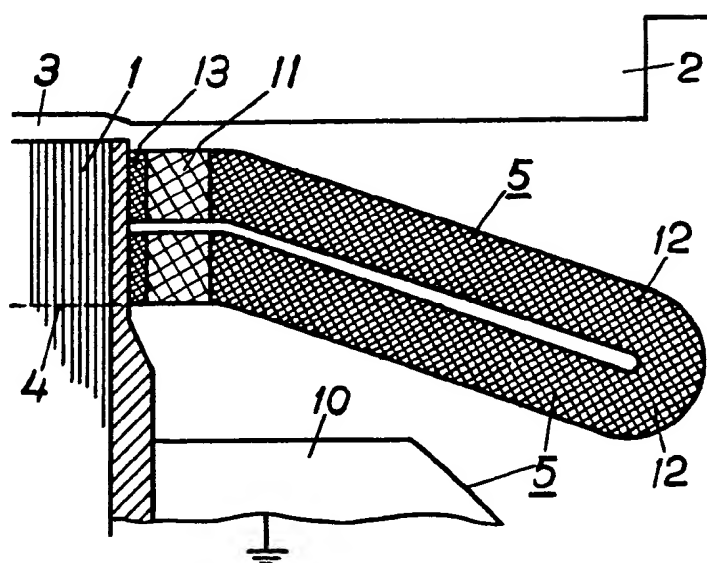


Fig. 3

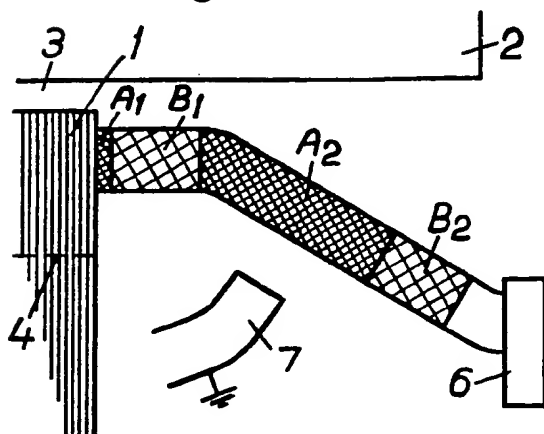


Fig. 4

